

Hubungan Pola Distribusi Fisik Sedimen dan Tutupan Kanopi Mangrove Berdasarkan Analisis Granulometri dan *Hemispherical Photography* di Pantai Baros, Bantul, Indonesia.

Fivry Wellda Maulana^{*1}, Arie Noor Rakhman², and Fidelis Saka Sigmaringa Da Costa³

1-3 Fakultas Teknologi Mineral Institut Sains & Teknologi AKPRIND
Jl. Kalisahak No 28, Kompl. Balapan, Yogyakarta 55222
fivry@akprind.ac.id; arie_rakhman@akprind.ac.id; sakaf157@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini mengenai penanganan potensi abrasi dengan budidaya mangrove di Pantai Baros, Desa Tirtohargo, Kapanewon Kretek, Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui peranan mangrove dalam penanganan potensi abrasi melalui hubungan pola distribusi fisik sedimen dan tutupan kanopi mangrove. Pola distribusi fisik sedimen pantai berikut interpretasi lingkungan sedimentasi dapat diketahui melalui analisis granulometri. Perkembangan mangrove dapat diidentifikasi melalui analisis *hemispherical photography*. Pengambilan data telah dilakukan di 3 lokasi berdasarkan zona pasang-surut air laut. Hasil analisis granulometri menunjukkan ukuran butir sedimen terdiri dari pasir halus hingga sedang (0.074 - 2 mm) dengan distribusi nilai statistik mean berkisar antara 1,30 hingga 2,17. Butiran pasir bernilai sorting berkisar antara 1,55 hingga 1,65 (*poorly sorted*); nilai *skewness* berkisar antara 0,43 hingga 0,56 (*strongly fine skewness*); dan nilai kurtosis antara 0,59 hingga 0,82 (*platykurtic to very platykurtic*). Hasil pengelompokan dominasi jenis mangrove dan analisis *hemispherical photography* menunjukkan bahwa persentase tutupan kanopi berkisar antara 82,39 hingga 92,03, dimana prosentase terkecilnya terdapat pada jenis mangrove *Avicennia sp.* Mangrove jenis ini berada pada lingkungan sedimen yang cenderung berukuran pasir sedang. *Rhizophora sp* hanya berkembang pada lokasi pengamatan yang berada lebih jauh dari muara sungai, dimana jenis sedimennya tergolong halus dengan kecenderungan nilai kurtosis berjenis *platykurtic*. Keberadaan butiran sedimen berukuran halus yang melimpah tersebut pada dinamika pasang-surut muara Sungai Opak menunjukkan bahwa ekosistem mangrove telah berperan dalam pengurangan abrasi di pantai Baros.

Kata Kunci sedimen, granulometri, kanopi mangrove

Digital Object Identifier 10.36802/jnanaloka.2023.v4-no1-7-19

1 Pendahuluan

Pengikisan pantai atau abrasi semakin hari semakin memprihatinkan perlu adanya keberlangsungan proses sedimentasi pantai untuk mengurangi abrasi pantai [1]. Salah satu upaya tersebut berupa budidaya tanaman mangrove [2]. Mangrove merupakan ekosistem yang tumbuh di atas rawa-rawa berair payau yang terletak pada garis pantai atau muara sungai yang dipengaruhi oleh pasang-surut air laut yang terlindung dengan sedimen berlumpur

* Corresponding author.



hingga berpasir [3]. Salah satu faktor lingkungan di dalam perkembangan mangrove adalah jenis sedimen. Menurut Darmadi [4], karakteristik sedimen merupakan faktor pembatas kehidupan mangrove. Jenis sedimen sangat mempengaruhi susunan jenis dan kerapatan vegetasi mangrove yang hidup di atasnya. Semakin cocok sedimen untuk vegetasi mangrove jenis tertentu dapat dilihat dari seberapa rapat vegetasi tersebut menutupi area hidupnya. Menurut Tyasa, umumnya mangrove tumbuh baik pada kondisi sedimen dengan ukuran butir yang lebih halus karena penyerapan nutrisi oleh akar dapat berlangsung lebih baik dan mudah [5]. Keberadaan mangrove ini sangat penting dalam menstabilkan kawasan pesisir atau pasang surut, seperti mencegah terjadinya abrasi, intrusi air laut, perangkap zat pencemar atau penyaring alami serta menjadi sumber makanan bagi biota laut [6].

Pertumbuhan mangrove yang dapat menangkap sedimen dengan kondisi daerah pasang surut yang tinggi tentu dapat mempengaruhi komposisi fisik sedimennya yang berasal dari sungai, pantai atau erosi yang terbawa dari dataran tinggi sepanjang sungai [7, 8]. Terdapat beberapa jenis mangrove yang memiliki kemampuan berbeda-beda dalam beradaptasi terhadap lingkungan. Sehingga, menarik untuk diketahui bagaimana perkembangan dominasi dari mangrove berdasarkan jenis sedimen yang terendapkan [9]. Untuk mengetahui proses sedimentasi perlu dilakukan analisis granulometri, guna mengetahui komposisi fisik sedimen daerah penelitian, meliputi ukuran butir serta analisis parameter statistik berupa mean, standar deviasi/ *sorting*, *skewness* dan kurtosis. Menurut Friedman (1979) granulometri adalah metode analisis batuan sedimen menggunakan analisis pada ukuran batuan sedimen. Analisis besar butir dapat dipakai untuk mengetahui proses-proses selama sedimentasi dan dapat digunakan untuk menginterpretasikan lingkungan pengendapan [10]. Ukuran butir merupakan aspek yang paling fundamental dari partikel sedimen, yang mempengaruhi proses sedimentasi, transportasi dan pengendapan [11]. Analisis ukuran butir karena itu memberikan petunjuk penting asal sedimen, sejarah transportasi dan kondisi pengendapan [12]. Faktor yang mempengaruhi distribusi ukuran butir antara lain seperti jarak dari garis pantai, jarak dari sumber (sungai), sumber material sedimen, topografi dan mekanisme transportasi sedimen [13].

Penelitian dilakukan di kawasan mangrove pada muara Sungai Opak di Dusun Baros, Desa Tirtohargo, Kapanewon Kretek, Kabupaten Bantul, Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Wilayah ini terletak di pantai selatan Pulau Jawa dimana merupakan daerah yang memiliki potensi untuk tumbuhnya mangrove [5]. Fisiografi daerah penelitian terletak di antara Pegunungan Selatan dan Pegunungan Serayu Selatan [14, 15]. Morfologi daerah penelitian terbagi atas split, point bar dan sand dune [7]. Litologi di muara Sungai Opak tersebut terdiri dari endapan Gunungapi Merapi Muda (Qmi) dan aluvium (Qa) yang berupa kerakal, pasir, lanau serta lempung atau liat [16].

Muara Sungai Opak menarik untuk dikaji karena pada daerah ini terdapat kondisi pasang surut yang dimana satu sisi tumbuhan mangrove mampu tumbuh dengan jenis seperti *Avicennia sp* dan *Rhizophora ap* [7]. Pasang surut air laut juga dapat berpengaruh terhadap daun mangrove dan dikenal sebagai tutupan kanopi anatomi struktur tubuh tanaman mangrove tersebut [3], dimana proses sedimentasi merupakan gambaran dari pasang surut air laut tersebut [17]. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui peranan mangrove dalam penanganan potensi abrasi melalui hubungan pola distribusi fisik sedimen dan tutupan kanopi mangrove.

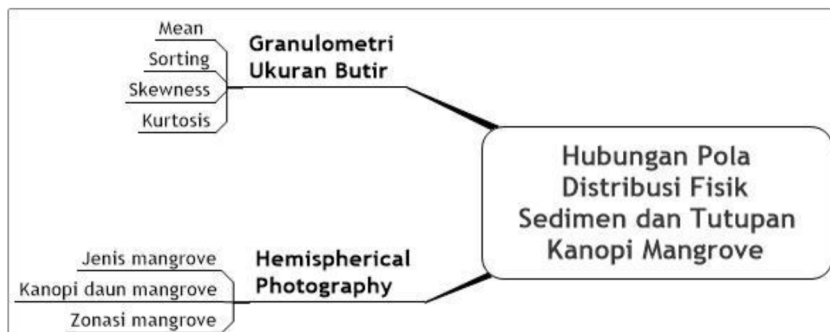
2 Metodologi

Lokasi penelitian berada di Kawasan Mangrove Dusun Baros, Desa Tirtohargo, Kapanewon Kretek, Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta, dengan koordinat $08^{\circ}00'20''$ LS – $08^{\circ}00'21,5''$ LS dan $110^{\circ}16'53,5''$ BT – $110^{\circ}16'55,5''$ BT dan luasan sebesar $30m \times 45m$. Lokasi penelitian berada pada jarak 30 km ke arah selatan dari Kota Yogyakarta (Gambar 1).



■ **Gambar 1** Peta lokasi penelitian daerah Baros.

Tahap penelitian lapangan dilakukan dengan pengambilan data sedimen endapan pantai dan pengamatan mangrove. Data endapan pantai digunakan untuk analisis granulometri. Data vegetasi mangrove digunakan untuk analisis *hemispherical photography* [18]. Alur penelitian dapat dilihat pada diagram kerangka penelitian di gambar 2.



■ **Gambar 2** Diagram kerangka penelitian.

Jenis data yang digunakan untuk mencapai tujuan penelitian adalah data sekunder dan data primer. Sumber data primer berupa jenis mangrove, vegetasi mangrove, data tutupan (daun) dan butir sedimen granulometri. Sumber data sekunder berupa data citra satelit dari Google Map tahun 2022 [19]. Google Map ini dipergunakan untuk menginterpretasi perkembangan morfologi pantai, selain itu juga untuk menentukan pengambilan sampling [20]. Pengumpulan data primer dilakukan di lapangan dan di laboratorium. Pengambilan data di lapangan dilakukan selama 2 hari baik di lingkungan tepi pantai maupun di rawa Baros. Analisis data granulometri butir sedimen dilakukan di Laboratorium Sedimentologi, Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta.

Pengambilan data sedimen (Gambar 3) merupakan pengambilan sampel dilakukan secara *purposive sampling* [21, 22] dimana dilakukan pada area yang mewakili kawasan mangrove di setiap stasiun pengamatan. Sampel berupa endapan lepas yang diambil dengan cara menggali lubang sedalam kurang lebih 10 cm, lalu mengambil sampel endapan yang akan dianalisis sesuai dengan kebutuhan kurang lebih 100 gr, kemudian dimasukkan ke dalam plastik sampel. Data yang telah didapatkan di lapangan kemudian dilakukan analisis di laboratorium dengan menggunakan analisis granulometri [23] metode grafis dengan tahapan, yaitu analisis ukuran butir, perhitungan kurva kumulatif, analisis statistik yang meliputi perhitungan mean, standar deviasi/ sortasi, skewness, dan kurtosis [24]. Berdasarkan data statistik tersebut, analisis lingkungan sedimentasi dilakukan.



■ **Gambar 3** Pengambilan sampel endapan sedimen dilakukan di tepi pantai (a) dan di rawa pantai (b). Kegiatan pre-parasi sampel sedimen dilakukan di laboratorium (c).

Pengamatan mangrove telah dilakukan pada tutupan kanopi (tutupan daun), anatomi tubuh mangrove dan jenis mangrove. Pengamatan tutupan kanopi dilakukan dengan metode Hemispherical Photography [25]. Pengambilan data tersebut menggunakan [18, 25] dengan kamera handphone, dimana bagian depan gadget yang diarahkan tegak lurus ke arah langit. Hasil foto digunakan untuk pemisahan warna pixel langit (warna putih) dan warna pixel vegetasi (daun dan batang mangrove (warna hitam)). Aplikasi yang dipergunakan untuk metode ini berupa perangkat lunak ImageJ [26, 27]. Hasilnya dilakukan untuk analisis tutupan kanopi. Proses ini dilakukan dengan cara menghitung persentase jumlah pixel tutupan vegetasi mangrove, dengan persamaan 1.

$$\%tutupanmangrove = \frac{jumlahpixelinterpretasimangrove}{jumlahseluruhpixel} \quad (1)$$

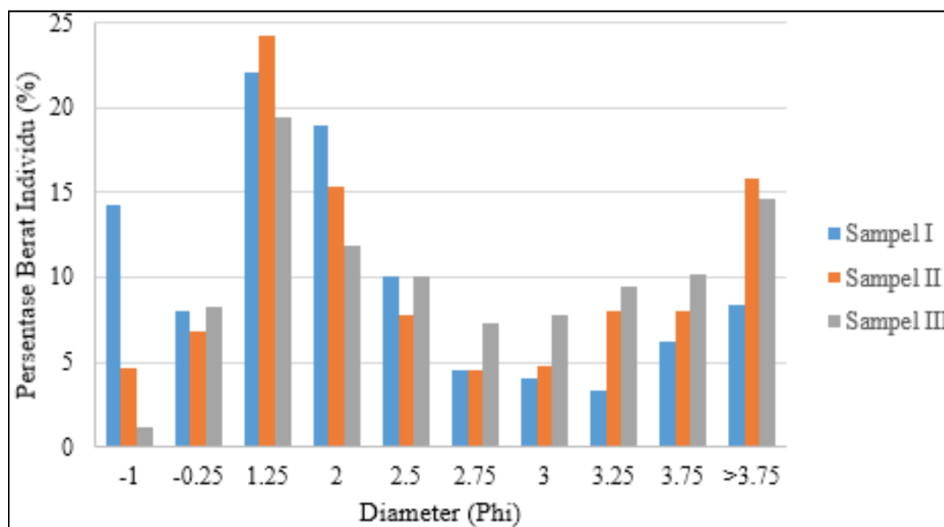
Kemudian hasil persentase tersebut dapat diklasifikasikan dengan klasifikasi tutupan kanopi mangrove menurut Menteri Lingkungan Hidup No. 201 tahun 2004 [28] (Tabel 2).

■ **Tabel 1** Tutupan Kanopi dan Kerapatan mangrove

kriteria	penutupan (%)	kerapatan
baik	padat $\geq 75\%$	≥ 1500
	sedang 50–75%	100–1500
rusak	jarang $< 50\%$	< 1000

3 Hasil dan pembahasan

Hasil dari pengayakan ketiga sampel sedimen didapatkan persentase berat individu didominasi oleh pasir berukuran sedang dan halus yang digambarkan dalam bentuk histogram seperti tertampil pada Gambar 4.



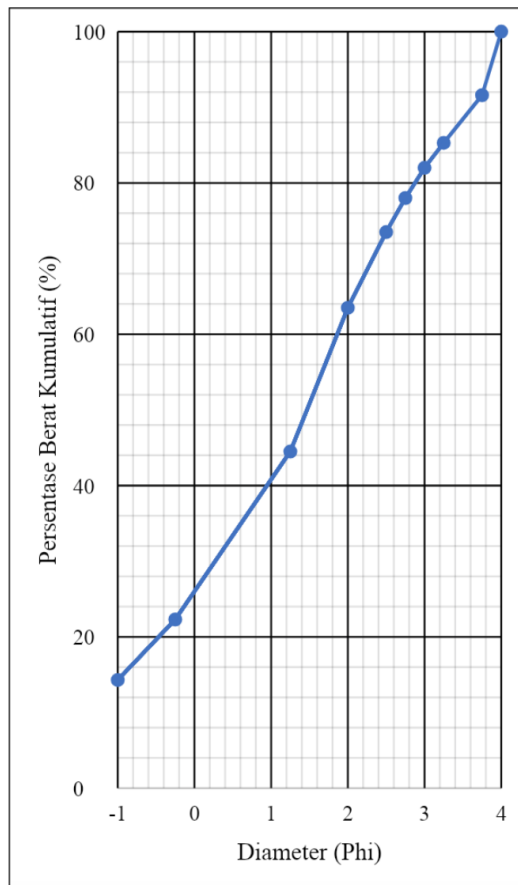
■ **Gambar 4** Histogram persentase berat individu sedimen.

Pada sampel sedimen pada stasiun pengamatan I didapatkan total berat tertimbang sebesar 99,8 gr dengan dominasi ukuran butir antara 1ϕ dan 2ϕ sebagai pasir sedang (*medium sand*). Grafik persentase kumulatif dan ukuran butir hasil pengayakan sampel sedimen pada stasiun pengamatan I dapat dilihat pada Gambar 5.

Hasil nilai-nilai persentil yang didapat berdasarkan grafik persentase kumulatif dan ukuran butir (ϕ) dan perhitungan parameter statistik berupa mean, standar deviasi/ sorting, skewness, dan kurtosis [12] dapat dilihat pada Tabel 2.

Berdasarkan Tabel 2 di atas, nilai mean 1,30 hingga 1,90 pada sampel I dan sampel II, dapat diketahui bahwa sampel tersebut mempunyai ukuran butir pasir sedang (*medium sand*), dan nilai mean 2,17 pada sampel III menunjukkan ukuran butir pasir halus (*fine sand*), (Gambar 6). Pola distribusi fisik ukuran butir sedimen pada lokasi pengambilan sampel dari III ke I, dapat diinterpretasikan bahwa adanya kecenderungan ukuran butir yang semakin halus ketika mendekati muara sungai [29].

Nilai standar deviasi (*sorting*) pada Tabel 2, menunjukkan bahwa ketiga sampel yang memiliki nilai 1.59ϕ , 1.65ϕ dan 1.55ϕ termasuk ke dalam tingkat *poorly sorted* (Gambar 8).



■ **Gambar 5** Grafik persentase kumulatif dan ukuran butir (ϕ) sampel I.

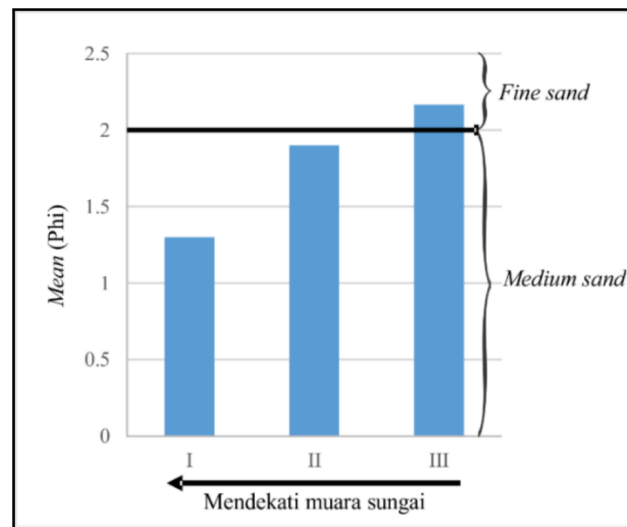
■ **Tabel 2** Tutupan Kanopi dan Kerapatan mangrove

	sampel							parameter statistik			
	$\phi 95$	$\phi 84$	$\phi 75$	$\phi 50$	$\phi 25$	$\phi 16$	$\phi 5$	mean	deviasi	skewness	kurtosis
I	3,9	3,2	2,6	1,5	-0,1	-0,8	0	1,30	1,59	0,43	0,59
II	3,9	3,7	3,2	2	0,6	0	-0,9	1,90	1,65	0,55	0,76
III	3,9	3,7	3,2	2,5	0,9	0,3	-0,9	2,17	1,55	0,56	0,82

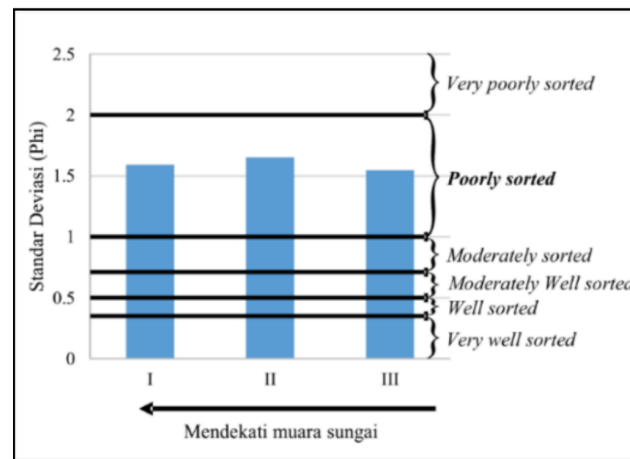
Sebagaimana hasil nilai pemilahan butir sedimen atas nilai standar deviasi dapat diinterpretasikan bahwa butiran pasir penyusun endapan pantai terpilah buruk yang menunjukkan kekuatan pasang surut sangat kuat sebagaimana lingkungan sedimentasinya mengarah ke muara sungai [12], dapat dilihat pada Gambar 8.

Nilai *skewness* pada Tabel 2 menunjukkan bahwa nilai kurang dari 0,3 ($> +0,3$) atau *strongly fine skewness* dimana nilai *skewness* yang menunjukkan adanya energi transportasi butir yang cenderung rendah sehingga memungkinkan terakumulasi pengendapan butir sedimen berpola ukuran yang halus [12]. Kenampakan histogram dari nilai *skewness* yang positif dapat dilihat pada Gambar 8.

Nilai *skewness* pada Tabel 2 menunjukkan bahwa nilai kurang dari 0,3 ($> +0,3$) atau *strongly fine skewness* dimana nilai *skewness* yang menunjukkan adanya energi transportasi butir yang cenderung rendah sehingga memungkinkan terakumulasi pengendapan butir



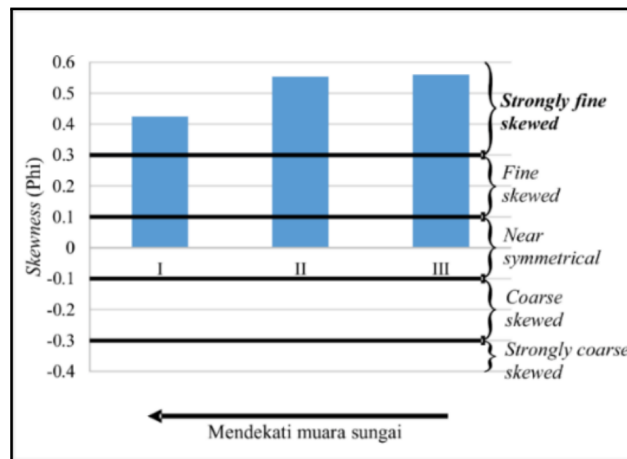
■ **Gambar 6** Histogram nilai mean.



■ **Gambar 7** Histogram nilai standar deviasi/*sorting*.

sedimen berpola ukuran yang halus [12]. Kenampakan histogram dari nilai *skewness* yang positif dapat dilihat pada Gambar 8. Hasil penilaian kurtosis dari ketiga sampel menunjukkan bahwa sampel I (0.59ϕ), II (0.76ϕ) dan III (0.82ϕ) yang diklasifikasikan sebagai *very platykurtic* hingga *platykurtic*. Hasil ini berkorelasi dengan nilai *skewness*, dimana distribusi ukuran butir lebih mengarah ke ukuran halus yang terakumulasi mendekati muara sungai Opak (Gambar 8).

Hasil pengolahan atau pemisahan pixel pada foto kanopi mangrove dengan perangkat lunak ImageJ dapat dilihat pada Gambar 9. Hasil perhitungan pixel kanopi mangrove dan total pixel dengan ImageJ dapat dilihat pada Tabel 3, Tabel 4, dan Tabel 5. Hasil analisis dari tiga tabel tersebut, lokasi pengamatan (STA 1-3) yaitu persentase tutupan kanopi mangrove pada STA I (82,39%), STA II (85,34%) dan STA III (92,03%) menunjukkan bahwa pada kerapatan mangrove tersebut terkategori tutupan mangrove baik [28]. Hasil penilaian granulometri menunjukkan distribusi ukuran butir lebih mengarah ke ukuran halus yang terakumulasi mendekati muara sungai Opak sangat dipengaruhi oleh tingkat pasang



■ **Gambar 8** Histogram *skewness*.

surut muara sungai. Peta persentase kanopi dan penyebaran nilai granulometri sedimen dapat dilihat pada Gambar 10.

■ **Tabel 3** Hasil perhitungan tutupan kanopi mangrove STA I.

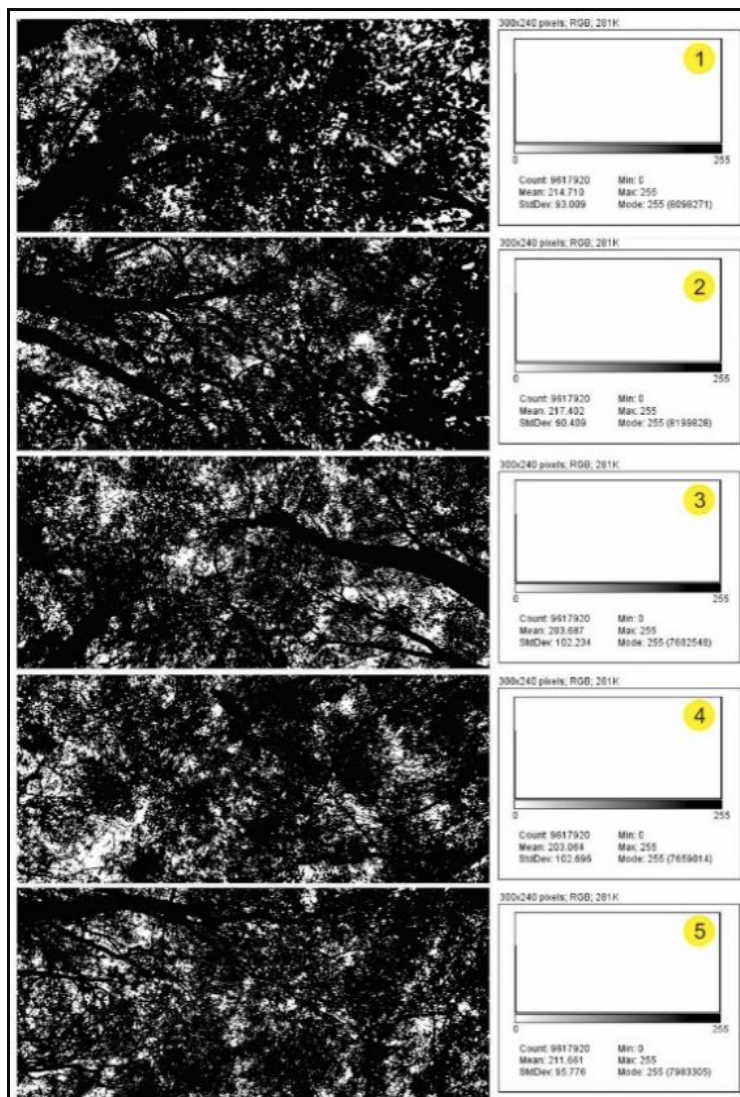
no	pixel kanopi mangrove	total pixel	kanopi mangrove(%)	klasifikasi
1	8098271	9617920	84,20	rata-rata >75% tergolong baik [28]
2	8199829	9617920	85,26	
3	7682548	9617920	79,88	
4	7659014	9617920	79,63	
5	7983305	9617920	83,00	
	rata-rata		82,39	

■ **Tabel 4** Hasil perhitungan tutupan kanopi mangrove STA II.

no	pixel kanopi mangrove	total pixel	kanopi mangrove(%)	klasifikasi
1	7609213	9617920	79,11	rata-rata >75% tergolong baik [28]
2	27593487	9617920	78,95	
3	8332641	9617920	86,64	
4	8578523	9617920	89,19	
5	8927039	9617920	92,82	
	rata-rata		85,34	

Berdasarkan hubungan kedua data tersebut maka dapat interpretasikan bahwa kerapatan mangrove tersebut berkesesuaian sedimen yang berkembang dengan baik. Tingkat sortasi termasuk dalam *poorly sorted*, dapat diakibatkan oleh adanya butiran-butiran yang terbawa oleh arus pasang surut dan kemudian terperangkap atau terendapkan pada setiap stasiun pengamatan. Berbeda dengan STA III lebih minim dipengaruhi oleh tingkat pasang surut atau berada pada zona pasang maksimal dengan genangan air, dimana terlihat dari sebaran rata-rata ukuran butir yang lebih halus. Berbeda dengan STA I dan II yang lebih dekat atau terbuka terhadap muara sungai dan memiliki sebaran ukuran butir lebih besar [12].

Berdasarkan hasil analisis granulometri sedimen dan pengelompokan dominansi jenis

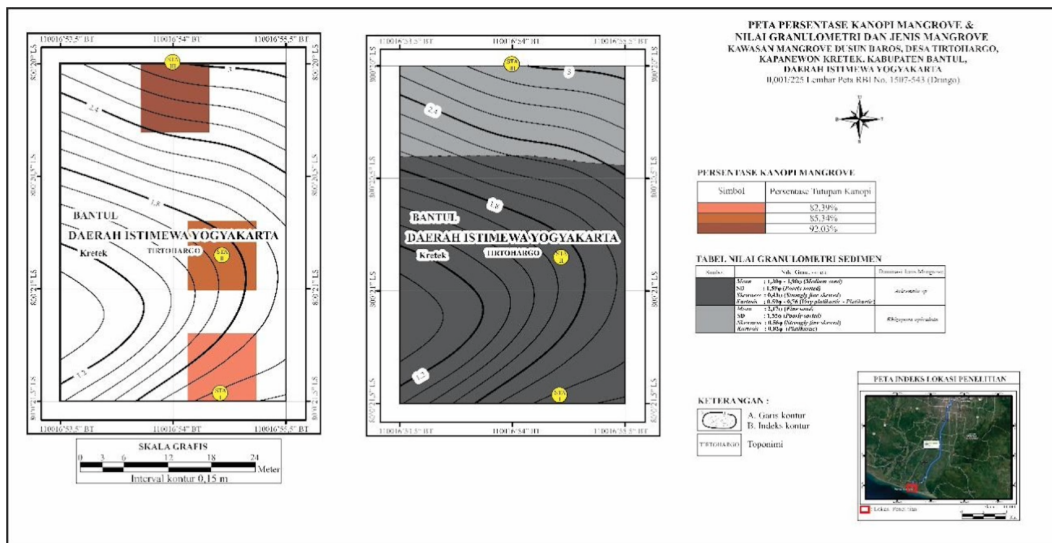


■ **Gambar 9** Contoh pengolahan foto kanopi mangrove menggunakan perangkat lunak ImageJ pada stasiun pengamatan I.

■ **Tabel 5** Hasil perhitungan tutupan kanopi mangrove STA III.

no	pixel kanopi mangrove	total pixel	kanopi mangrove(%)	klasifikasi
1	9166176	9166176	95,30	rata-rata >75% tergolong baik [28]
2	9004657	9617920	793,62	
3	8517137	9617920	88,55	
4	8717067	9617920	90,63	
5	8852158	9617920	92,04	
	rata-rata		92,03	

mangrove pada setiap stasiun pengamatan (Tabel 6) dapat diketahui bahwa jenis mangrove *Avicennia sp* terdapat pada seluruh stasiun pengamatan sedangkan *Rhizophora sp* hanya



■ **Gambar 10** Peta persentase kanopi dan penyebaran nilai granulometri sedimen [30].

didapati pada STA III yang berada lebih jauh dari pinggir muara sungai. Jenis mangrove *Avicennia sp* tersebut dapat lebih mudah beradaptasi dengan jenis sedimen pasir sedang maupun lebih halus dan dapat berada pada zona terbuka atau berhadapan langsung dengan arus pasang surut maupun zona belakangnya, sedangkan *Rhizophora sp* lebih berkembang pada zona tengah dengan jenis sedimen yang lebih halus [17]. Keberadaan butiran sedimen berukuran halus yang melimpah tersebut merupakan dinamika pasang-surut muara Sungai Opak menunjukkan bahwa ekosistem mangrove telah berperan dalam pengurangan abrasi di pantai Baros.

■ **Tabel 6** Hasil perhitungan tutupan kanopi mangrove STA III.

stasiun	jenis mangrove	tutupan kanopi	pengukuran sedimen
I	<i>Avicennia sp</i>	82,39%	<i>medium sand, poorly sorted, strong fine skewness, very platykurtic</i>
II	<i>Avicennia sp</i>	85,34%	<i>medium sand, poorly sorted, strong fine skewness, platykurtic</i>
III	<i>Rhizophora ap</i>	92,03%	<i>fine sand, poorly sorted, strongly fine skewness platykurtic</i>

4 Kesimpulan dan saran

Hasil analisis granulometri berupa ukuran butir sedimen terdiri dari pasir halus hingga sedang (0,074 - 2 mm) dengan distribusi nilai statistik mean berkisar antara 1,30 hingga 2,17; bernilai standar deviasi berkisar antara 1,55 hingga 1,65 (*poorly sorted*); nilai *skewness* berkisar antara 0,43 hingga 0,56 (*strongly fine skewness*); dan nilai kurtosis antara 0,59 hingga 0,82 (*platykurtic to very platykurtic*) menunjukkan distribusi ukuran butir lebih mengarah ke ukuran halus yang terakumulasi mendekati muara sungai Opak sangat dipengaruhi oleh tingkat pasang surut muara sungai.

Hasil pengelompokan dominasi jenis mangrove dan analisis hemispherical photography

berupa persentase tutupan kanopi berkisar antara 82,39 hingga 92,03 % menunjukkan bahwa pada kerapatan mangrove telah berkembang tutupan mangrove dengan baik.

Keberadaan *Avicennia sp* pada lingkungan sedimen yang cenderung berukuran pasir sedang dan *Rhizophora sp* yang berkembang hanya pada lokasi yang menjauh dari muara sungai beserta dinamika pasang-surut muara Sungai Opak telah mempengaruhi kelimpahan butiran sedimen berukuran halus dan mengurangi abrasi di pantai Baros.

Ucapan terimakasih

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Kepala LPPM IST AKPRIND Yogyakarta beserta jajarannya atas bantuan dana penelitian dan dukungan administrasi hingga terbit publikasi naskah ini. Publikasi ini merupakan bagian dari pelaksanaan hibah penelitian internal LPPM tahun 2022. Tidak lupa, ucapan terima kasih kepada Wahyu Diyanto, laboran Sumber Daya dan Energi yang telah membantu proses analisis sedimentologi.

Pustaka

- 1 E. K. Rinjani, S. Panbriani, U. Auliya'Amalina, I. P. Artayasa *et al.*, "Mitigasi bencana abrasi pantai melalui penanaman mangrove di desa seriwe, jerowaru lombok timur," *Jurnal Pengabdian Magister Pendidikan IPA*, vol. 5, no. 1, pp. 226–230, 2022.
- 2 A. F. Syah, "Penanaman mangrove sebagai upaya pencegahan abrasi di desa socah," *Jurnal Ilmiah Pangabdhi*, vol. 6, no. 1, pp. 13–16, 2020.
- 3 S. Suyono, B. Hendarto, dan O. Radjasa, "Pemetaan degradasi ekosistem mangrove dan abrasi pantai berbasis geographic information system di kabupaten brebes-jawa tengah," *Jurnal Oseatek*, vol. 9, pp. 90–102, 2015.
- 4 M. W. Lewaru, A. M. Khan *et al.*, "Struktur komunitas vegetasi mangrove berdasarkan karakteristik substrat di muara harmin desa cangkring kecamatan cantigi kabupaten indramayu," *Jurnal Perikanan Kelautan*, vol. 3, no. 3, 2012.
- 5 T. Rahmadhani, Y. F. Rahmawati, R. Qalbi, N. F. HP, dan S. N. Husna, "Zonasi dan formasi vegetasi hutan mangrove: Studi kasus di pantai baros, yogyakarta," *Jurnal Sains Dasar*, vol. 10, no. 2, 2021.
- 6 A. M. Ellison, A. J. Felson, dan D. A. Friess, "Mangrove rehabilitation and restoration as experimental adaptive management," *Frontiers in Marine Science*, vol. 7, p. 327, 2020.
- 7 M. O. B. Nugroho, Y. Rizkianto, R. R. Yuditama, A. Ryan, dan A. Maulana, "The sedimentary process of sand deposits in bogowonto river, purworejo, central java, and progo river, kulonprogo, yogyakarta using granulometric analysis," *Eksplorium: Buletin Pusat Teknologi Bahan Galian Nuklir*, vol. 42, no. 2, pp. 91–98, 2021.
- 8 L. S. Citra, S. Supriharyono, dan S. Suryanti, "Analisis kandungan bahan organik, nitrat dan fosfat pada sedimen mangrove jenis avicennia dan rhizophora di desa tapak tugurejo, semarang the analysis of organic content, nitrate, phosphate in the sediment of mangrove rhizophora dan avicennia at tapak village, tugurejo semarang," *Management of Aquatic Resources Journal (MAQUARES)*, vol. 9, no. 2, pp. 107–114, 2020.
- 9 I. K. Ginantra, A. A. K. Darmadi, I. B. M. Suaskara, dan I. K. Muksin, "Keanekaragaman jenis mangrove pesisir lembongan dalam menunjang kegiatan wisata mangrove tour," in *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Biologi*, 2018, pp. 249–255.
- 10 G. M. Friedman, "Differences in size distributions of populations of particles among sands of various origins: addendum to ias presidential address," *Sedimentology*, vol. 26, no. 6, pp. 859–862, 1979.

- 11 S. J. Blott dan K. Pye, "Gradistat: a grain size distribution and statistics package for the analysis of unconsolidated sediments," *Earth surface processes and Landforms*, vol. 26, no. 11, pp. 1237–1248, 2001.
- 12 R. L. Folk dan W. C. Ward, "Brazos river bar [texas]; a study in the significance of grain size parameters," *Journal of sedimentary research*, vol. 27, no. 1, pp. 3–26, 1957.
- 13 J. Abuodha, "Grain size distribution and composition of modern dune and beach sediments, malindi bay coast, kenya," *Journal of African Earth Sciences*, vol. 36, no. 1-2, pp. 41–54, 2003.
- 14 R. W. Bemmelen, *The geology of Indonesia: general geology of Indonesia and adjacent archipelagoes*. US Government Printing Office, 1949.
- 15 R. Hall, *Indonesia, geology*. University of California Press Berkeley, California, 2009.
- 16 R. Wartono dan R. H. Sukandarrumidi, "Peta geologi lembar yogyakarta," *Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi*, 2012.
- 17 M. Vitasari, "Kerentanan ekosistem mangrove terhadap ancaman gelombang ektrim/abrasi di kawasan konservasi pulau dua banten," *Bioedukasi: Jurnal Pendidikan Biologi*, vol. 8, no. 2, pp. 33–36, 2015.
- 18 G. M. Díaz, "Optimizing smartphone-based canopy hemispherical photography," *bioRxiv*, pp. 2021–03, 2021.
- 19 G. M. (online), "Pantai baros, tirtohargo, kec. kretek, kabupaten bantul, daerah istimewa yogyakarta, 1:25000," accessed Jul. 13, 2022. [Online]. Available: <https://www.google.com/maps/place/Pantai+Baros/@-8.0080344,110.2832126,15z/data=!4m5!3m4!1s0x0:0x87f7458953a59c4e!8m2!3d-8.0080344!4d110.2832126>
- 20 A. N. Rakhman dan F. W. Maulana, "Aplikasi fitur geologi dan citra google earth untuk mengidentifikasi potensi risiko multi bencana dari bencana gempa bumi di bambanglipuro, indonesia," *Jurnal Teknomineral*, vol. 4, no. 1, 2022.
- 21 F. Ahmad, M. Quasim, A. Ahmad, S. Rehman, dan S. Asjad, "Depositional mechanism of fort member sandstone (early-late bathonian), jaisalmer formation, western rajasthan: Insights from granulometric analysis," *Geology, Ecology, and Landscapes*, vol. 5, no. 2, pp. 119–135, 2021.
- 22 N. Balakrishnan, "Editorial," *Communications in Statistics - Simulation and Computation*, vol. 36, no. 1, pp. 1–1, 2007.
- 23 W. A. Gemilang, U. J. Wisha, dan G. A. Rahmawan, "Distribusi sedimen dasar sebagai identifikasi erosi pantai di kecamatan brebes menggunakan analisis granulometri," *Jurnal Kelautan: Indonesian Journal of Marine Science and Technology*, vol. 10, no. 1, pp. 54–66, 2017.
- 24 M. Kusumawardani, S. Kasim, dan M. Maskur, "Karakteristik endapan tsunami berdasarkan metode granulometri dan metode suseptibilitas di sulawesi tengah," *Natural Science: Journal of Science and Technology*, vol. 7, no. 1, 2018.
- 25 P. Rich, R. Dubayah, W. Hetrick, dan S. Saving, "Using viewshed models to calculate intercepted solar radiation: applications in ecology. american society for photogrammetry and remote sensing technical papers," in *American Society of Photogrammetry and Remote Sensing*, 1994, pp. 524–529.
- 26 C. T. Rueden, J. Schindelin, M. C. Hiner, B. E. DeZonia, A. E. Walter, E. T. Arena, dan K. W. Eliceiri, "Imagej2: Imagej for the next generation of scientific image data," *BMC bioinformatics*, vol. 18, pp. 1–26, 2017.
- 27 J. Schindelin, I. Arganda-Carreras, E. Frise, V. Kaynig, M. Longair, T. Pietzsch, S. Preibisch, C. Rueden, S. Saalfeld, B. Schmid *et al.*, "Fiji: an open-source platform for biological-image analysis," *Nature methods*, vol. 9, no. 7, pp. 676–682, 2012.

- 28 K. L. Hidup, “Keputusan menteri negara lingkungan hidup nomor: 201 tahun 2004 tentang kriteria baku dan pedoman penentuan kerusakan mangrove.”
- 29 C. K. Wentworth, “A scale of grade and class terms for clastic sediments,” *The journal of geology*, vol. 30, no. 5, pp. 377–392, 1922.
- 30 F. W. Maulana, A. N. Rakhman, dan F. S. S. Da Costa, “Tipe dan perkembangan mangrove terhadap proses sedimentasi di dusun baros, desa tirtohargo, kapanewon kretek, kabupaten bantul, daerah istimewa yogyakarta,” 2022.